

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-058297

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
G23C 16/505  
G23F 4/00  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H01L 21/31

(21)Application number : 11-205255

(71)Applicant : LAM RES CORP

(22)Date of filing : 03.08.1990

(72)Inventor : OGLE JOHN S

(30)Priority

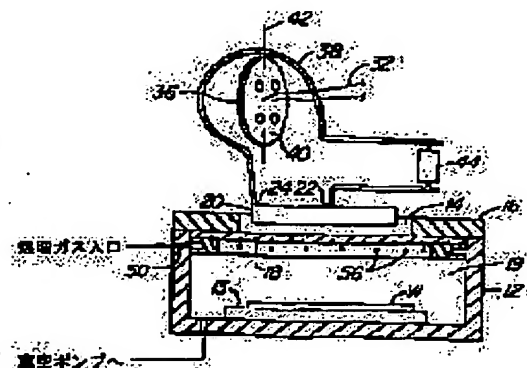
Priority number : 89 393504 Priority date : 14.08.1989 Priority country : US

## (54) PLASMA PROCESSING SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high-quality product in a short period at a low cost by setting the magnetic field practically weaker in the peripheral region of an inner space than at the center section in the region below an electroconductive coil, and exciting the process gas into a nearly uniform plasma with the magnetic field.

**SOLUTION:** This plasma processing system contains an enclosure section 12 having an access section 14 formed in an upper wall 16. An insulating shield 18 is arranged below the upper wall 16 and extends across the access section 14. The insulating shield 18 is strongly stuck to the upper wall 16 to form the vacuum-withstanding interior 19 of the enclosure section 12. A planar coil 20 is arranged in the access section 14 adjacent to the insulating shield 18. The planar coil 20 is spirally formed and has a central tap 22 and an outside tap 24. The plane of the planar coil 20 is faced in parallel with the insulating shield 18 and a support mount face 13 mounting a semiconductor wafer W. The planar coil 20 generates planar plasma in the interior 19 of the enclosure 12 parallel with the semiconductor wafer W.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] abbreviation -- with the plasma treatment chamber which is the plasma treatment system which processes a substrate with the uniform plasma, and has the building envelope where some [ at least ] boundaries were constituted with insulating shielding and a side attachment wall The substrate base material which supports a substrate in the building envelope of said plasma treatment chamber, It is told through said insulating shielding that radio frequency energy is the gas supply section which supplies raw gas in said plasma treatment chamber to the building envelope of said plasma treatment chamber. It has the radio frequency energy source which has the electric conduction coil which generates a uniform field. abbreviation to which the field was restricted to the bottom of said insulating shielding in said plasma treatment chamber -- said field the center section which is a field under said electric conduction coil -- the boundary region of said building envelope -- substantial -- weak -- this field -- said raw gas -- abbreviation -- the plasma treatment system characterized by being excited by the uniform plasma.

[Claim 2] The size of the longitudinal direction of the plasma generated with said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by carrying out abbreviation correspondence at the size of the longitudinal direction of said electric conduction coil.

[Claim 3] The size of the longitudinal direction of said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by having the dimension of the longitudinal direction of said substrate base material, and the breadth of abbreviation identitas.

[Claim 4] The field by which a field is restricted to the bottom of said insulating shielding in said plasma treatment chamber is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by having the field distribution corresponding to the field distribution shown in drawing 5 .

[Claim 5] The distance of said electric conduction coil and substrate front face is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by being 3-15cm.

[Claim 6] The distance of said electric conduction coil and substrate front face is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by being 5-10cm.

[Claim 7] It is the plasma treatment system according to claim 1 which said electric conduction coil generates the field distribution which passes said insulating shielding, and is characterized by determining the field distribution inside the building envelope of said plasma treatment chamber by vector composition with the field from said electric conduction coil, and the field in which induction is carried out by the flow of the electron in the plasma.

[Claim 8] said electric conduction coil -- the field of said substrate base material -- abbreviation -- the plasma treatment system according to claim 1 characterized by generating the uniform flow of the electronic group through which is in an parallel field and it circulates by the inside of said side attachment wall.

[Claim 9] Said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by a core KISHARU coil connecting with radio frequency energy.

[Claim 10] Said plasma treatment chamber is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by including a CVD plasma fission reactor or a plasma-etching fission reactor.

[Claim 11] the direction which said electric conduction coil has 1 or two or more number of turns, and crosses a substrate -- abbreviation -- the plasma treatment system according to claim 1 characterized by generating a uniform field.

[Claim 12] It is the plasma treatment system according to claim 1 by which said electric conduction coil guides

a field only in the field which covers a substrate, and said gas supply section is characterized by said field supplying said raw gas to the perimeter of the part of the maximum reinforcement.

[Claim 13] Said radio frequency energy source is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by impressing radio frequency energy to said substrate base material so that potential may be impressed between said substrate base materials and said electric conduction coils.

[Claim 14] Said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by including the plane coil arranged in parallel with the exposure of a substrate.

[Claim 15] Said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by the gap from a flat surface having 20% or less of surface smoothness of the dimension of the longitudinal direction of said electric conduction coil.

[Claim 16] Said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by having the cross section of a longitudinal direction smaller than the cross section of the longitudinal direction of said building envelope.

[Claim 17] The field of the maximum reinforcement of said plasma is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by being restricted inside said side attachment wall, without being based on magnetic closing \*\*\*\*\* of the plasma.

[Claim 18] Said electric conduction coil is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by having the size corresponding to the size of the plasma generated with this electric conduction coil.

[Claim 19] Said plasma is a plasma treatment system according to claim 1 characterized by generating the pressure in said building envelope in the range of 10-5 - 5Torr in said plasma treatment chamber.

[Claim 20] How to process a substrate using a plasma treatment system according to claim 1.

[Claim 21] abbreviation -- with the plasma treatment chamber which is the plasma treatment system which processes a substrate with the uniform plasma, and has the building envelope where some [ at least ] boundaries were constituted with insulating shielding and a side attachment wall The substrate base material which supports a substrate in the building envelope of said plasma treatment chamber, It is told through said insulating shielding that radio frequency energy is the gas supply section which supplies raw gas in said plasma treatment chamber to the building envelope of said plasma treatment chamber. thereby -- said building envelope -- abbreviation -- the plasma treatment system characterized by having had the radio frequency energy source which has the electric conduction coil which generates a uniform field, and having exposed the outside of said side attachment wall to outer space.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to generation of the suitable homogeneous high plane plasma, in order to start the approach and equipment for producing the plasma of the low voltage force, for example, to process substrates, such as a semi-conductor wafer, in the processor of the low voltage force.

[Description of the Prior Art] Generation of the former to the plasma is useful in various semi-conductor manufacture processes, such as etching, resist removal, passivation, and vacuum evaporation.

[0002] Generally, the plasma is generated from the gas for processing of the low voltage force by guiding the flow of the electron which ionizes each gas molecule through migration of the kinetic energy by the collision between each electron gas molecules. Usually, an electron is accelerated in the radio frequency electric field produced in electric field by inter-electrode [ of the pair which was turned typically in parallel with a semi-conductor wafer, and which counters ].

[0003] However, since an electron is accelerated, in use of the electric field of the direction of a normal of a wafer, kinetic energy cannot be effectively given to an ion cluster. Especially, kinetic energy cannot be given under low frequency and the pressure of less than about 0.1 torrs. Under such conditions, the great portion of electronic energy disappears by the collision with the wall of an electronic processing chamber, or the semi-conductor wafer itself. The direct collision with a semi-conductor wafer and an electron is not only useless in respect of energy, but it can cause heating of the extraordinary wafer which becomes disadvantageous.

[0004] Some approaches have been proposed in order to increase the effectiveness of plasma production during use in a semi-conductor processor. For example, the inclination to move electronic energy increases in the molecule of the gas for processing rather than the wall or semi-conductor wafer of a processing tub by using the number of ultrahigh frequency which shortens electronic oscillating width of face in a microwave resonance chamber. Symmetrically, in electronic cyclotron resonance (ECR), the controlled magnetic field which guides electronic periphery-like flow within the gas for processing is used.

[0005] By the approach of both above, although a high energy conversion efficiency can be attained relatively, the bad homogeneous plasma is generated very much. Therefore, before providing for a semi-conductor wafer, it is necessary to make this plasma into homogeneity. Usually, before exposing a wafer or a wafer group to the plasma, when only a certain distance passes the plasma, a certain amount of homogeneity may be attained.

[0006] However, a certain amount of ion recombination which degrades the effectiveness of the plasma arises. Moreover, the range of working pressure must be limited in the system of each above. Generally the microwave resonance chamber is effective to the pressure of the gas for processing from about 1 torr to 760 torrs. On the other hand, generally ECR is effective to the pressure of the gas for processing from 0.0001 torrs to 0.1 torrs. Furthermore, the magnetic field which the price of both systems and the complexity of a design increase, and is required of an ECR system according to the need of giving an excessive flow distance to the plasma is difficult to control.

[0007] Although both other approaches that raise plasma production effectiveness in a semi-conductor processor are called inductively coupled plasma, they include the plasma system (for example, reactive ion etching raised magnetically) raised magnetically and the electronic acceleration by which inductive coupling was carried out. The plasma system raised magnetically produces a stationary magnetic field parallel to a wafer front face, and the electric field of high frequency perpendicular to a wafer front face. According to the force acquired combining a stationary magnetic field and the electric field of high frequency, an electron flows along

the way of a cycloid, and flows as compared with the straight-line way guided by only electric field, and distance increases it.

[0008] In addition, Skidmore (1989), Semiconductor International June 1989, and pp 74-79 are the reviews explaining electronic cyclotron resonance (ECR) and the reactive-ion-etching system (MERIE) raised magnetically. The plasma production system using the induction resonance object of the screw type for producing the plasma on the outside of an etching chamber is explained to the United States patent number 4,368,092. The plasma is non-homogeneity and passes a tube before use. The plasma production equipment which carries out induction of the electronic rotation to the United States patent number 4,421,898 within the insulating tube with which the converter which has a magnetic core carries the gas for processing and which was combined inductively is explained. The ionized gas is not uniform and the exposure to a wafer is generated on a lower stream of a river. The conventional parallel plate plasma-etching machine generated by a wafer's being positioned on a downward electrode by the United States patent number 4,626,312, and the plasma's crossing an upper electrode parallel to a downward electrode and this downward electrode for it, and giving radio frequency energy to it is explained. The plasma treatment and the chemistry gaseous-phase vacuum evaporation (CVD) to reactive ion etching which were raised magnetically are explained to the United States patent numbers 4,668,338 and 4,668,365, respectively.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although the above-mentioned approach offered good ion generation effectiveness, there was a problem that it was very difficult to maintain the magnetic field which is demanded in semi-conductor processing and where it is large and homogeneity is high. Moreover, actuation of the plasma system raised magnetically had the problem that it was generally limited to the pressure range from about 0.01 torrs to 0.1 torrs.

[0010] Moreover, in the plasma treatment by which inductive coupling was carried out, an electron is poured according to the way carried in the continuation. The vocabulary "the plasma combined inductively" is used to two different techniques, and both techniques use alternating current in order to move binding energy to gas. The magnetic core of a ferrite is used for the 1st in order to raise the converter combined between main knees and the 2nd knee which consists of a closing way through gas. Such a technique is usually used by less than 550kHz low frequency. The coil of the solenoid which encloses the gas of the shape of an ionized cylinder is used for the 2nd technique. This technique can be used for either low frequency or the frequency in the range of 13.56MHz. Neither of these techniques offers the plasma parallel to this front face, and uniform to near the front face of a wafer.

[0011] The approach for generating the very uniform plasma and offer of equipment (for example, an etching system, vacuum evaporation equipment, a resist stripper, etc. are included) are desired in the semi-conductor processor for such a reason. The above-mentioned equipment can generate the flow of the plasma of high density over a very large pressure range. moreover, the ion energy in which the plasma has rectilinear-propagation nature -- most -- or it is produced so that it may not have at all.

[0012] With control of the flow of the plasma, depending on selection, equipment should control rectilinear-propagation energy independently, and should give rectilinear-propagation energy to plasma ion. It will be desirable, if the design of equipment is relatively easy and actuation and control of equipment can be especially managed with the minimum investment easily. Similarly, an approach is intelligible, and if activation can give the manufacture of high quality easily to the minimum expenses and a short time, it will be desirable.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In this invention for solving the above-mentioned technical problem, an approach and equipment to bring an approach and equipment into the large range relatively, and for an approach and equipment generate the plane very uniform plasma are offered. An ion kind and a free radical kind make the acceleration to a non-plane direction min by the plasma, it is produced, and the plasma acquired has very low kinetic energy. As a characteristic advantage, by this invention, it can cross to 5 torrs and the very large pressure range beyond it from 10 to 5 torrs typically, and the plane uniform plasma can be produced. Generally such large working pressure range was not obtained with single plasma production equipment. Especially the approach and equipment of this invention are relatively simple for work, actuation, and control at the comparison with the demand in magnetic field control of ECR and MERIE.

[0014] The equipment of this invention consists of the enclosure sections which have the interior of 1 divided at

least in a part by insulating shielding or the aperture. A plane coil is arranged most near the above-mentioned shielding, and the radio frequency power supply of 1 is combined with the above-mentioned coil. Usually, a radio frequency power supply is combined through the impedance matching circuit for making power conversion into max, and the frequency at the time of actuation and the tuning circuit for presenting resonance by 13.56MHz typically. The inlet-port section is given in order to supply the gas for processing to enclosure circles. In order to resonate radio frequency current through a coil, the plane magnetic field which encloses through insulating shielding and extends in circles is guided. Thus, induction of the flow which an electron rotates is carried out. The flow which an electron rotates makes the migration stroke before an electron's enclosing and colliding with the wall of the section increase greatly. Furthermore, since an electron is firmly restricted to one flat surface parallel to a plane coil, transition of the kinetic energy to the non-plane direction is minimized.

[0015] In a desirable example, the enclosure section contains plane goods and the back face which supports a semi-conductor wafer typically. This front face supports a wafer in 1 flat surface parallel to the flat surface of the plasma in parallel with the flat surface of a coil. Subsequently, a semi-conductor wafer is exposed to the flow of the very uniform plasma, and, thereby, uniform plasma treatment is compensated. Since the motion velocity to the non-plane direction of a plasma kind is min, the movement-collision of a up to [ a semi-conductor wafer ] is minimized. That is, generally processing may be restricted to the chemistry interaction of a plasma kind with a semi-conductor wafer.

[0016] The approach and equipment of this invention are useful to various semi-conductor processing actuation, such as plasma etching, vacuum evaporation processing, resist removal, and chemistry gaseous-phase vacuum evaporation by the plasma.

[0017] The velocity component to the direction of a normal is given to the front face of a semi-conductor wafer by impressing radio frequency potential in the direction of a normal to the flat surface of the plasma depending on selection. For example, such potential may be impressed by crossing the support front face where plane coil and semi-conductor wafer are supported, and connecting a radio frequency power supply.

[0018]

[Embodiment of the Invention] The enclosure section which defines the internal chamber by which the plane plasma is generated, and in which air generally does not get wet is used for this invention. The enclosure section contains the outlet section of at least 1 for connecting with a vacuum system so that it may hold desirable working pressure in the inlet-port section of at least 1 for introducing the gas for processing, and the interior of the enclosure section. The system for holding the pressure which supplied the gas for processing selected beforehand in the interior of the enclosure section, and was selected beforehand is the technique known well, and it is not necessary to explain it further.

[0019] In the interior of the enclosure section, in order to usually support the goods group processed, one or more installation sides are located. Typically, the installation side is usually arranged at the flat surface of the plasma in the direction which faced the plane plasma which encloses and is generated by circles and selected beforehand, and the direction which is parallel generally.

[0020] In order to guide the plane desirable plasma, the coil of 1 which has conductivity electrically encloses, and the outside of the section is approached and it is arranged. A coil is a flat surface substantially and is the single \*\*\*\* element generally formed from a superficial whorl or a series of concentric \*\*\*\*. By guiding radio frequency current in a coil, a magnetic field is produced so that the flow of a circular electron may be guided in most on the surface of a coil in an parallel plane region. Although the pattern of an ellipsoid and the variation rate of since other truth is circular are permitted, the plane coil is circular in most. Furthermore, the coil is shifted from a flat surface or how much, or flat-surface \*\* truly to the direction of a path. The gap from flat-surface \*\* is less than [ of the path of a coil ] 0.2, and is usually less than [ of a path ] 0.1. Adjustment of the profile of a coil is accomplished in order to improve the form of the electric field generated. The path of a coil corresponds to the dimension of the plasma which should be generated in most. The path of a coil is the range from 8cm to 20cm, and is usually 13cm to 18cm. The path of a coil is about 13cm to 18cm in most because of processing of each semi-conductor wafer.

[0021] In order that it may go across a coil in all those directions and it may produce a uniform magnetic field relatively, it contains a sufficient number of number of turns. In order that number of turns may process each semi-conductor wafer depending on the path of a coil, the \*\*\*\*\* coil with a dimension usually has about 5

thru/or the number of turns of eight pieces. The inductance from which a coil is obtained is usually 1.2 microhenries to 3.5 microhenries, and an impedance is within the limits from 100 ohms to 300 ohms.

[0022] For convenience, a plane coil is formed from the metal which has conductivity electrically, and is usually formed from copper. A coil has the flow which carries a charge by impedance (about 5 ohms thru/or 30 ohms) of within the limits.

[0023] A plane coil adjoins insulating shielding formed in the enclosure circles for processing, and is arranged. Although insulating shielding allows transparency of the magnetic field produced with a plane coil, it holds the insulation inside the enclosure section. The remaining section of the enclosure section is usually a metal. Insulating shielding usually consists of a quartz and, on the other hand, the ceramics which does not absorb energy on other insulating materials, especially the frequency at the time of operation may be used. For convenience, insulating shielding is adjoined and put on the entrance formed in the wall of the enclosure section. The configuration of an entrance is usually equivalent to the configuration of a plane coil, and typically circular. in order that a plane coil may make max reinforcement of the magnetic field produced by enclosure circles -- insulating shielding -- close -- or it is contacted and arranged. The thickness of insulating shielding is not an important thing, and it is chosen so that fully for bearing the differential pressure usually made by the vacuum of enclosure circles.

[0024] A plane coil is driven by the radio frequency (RF) generator of the mold generally used in actuation of a semi-conductor processor. Normal operation of the RF generator is carried out to the frequency and type target which are within the limits of about 18.56MHz thru/or 100MHz on the frequency of 13.56MHz. the RMS electrical-potential-difference machine which RF generator has a usually low impedance, is about 50 ohms typically, and is usually about 70 volts or more at least about 50 volts -- using -- about 1A -- or 6A about 2A thru/or 3.5A can usually be produced. For convenience, RF generator has the output terminal of the configuration of the coaxial cable by which direct coupling is carried out to the circuit concerning one example of this invention so that it may be explained below at a detail.

[0025] In order to etch each semi-conductor wafer into below with reference to Figs. 1 and 2, a suitable plasma treatment system is explained.

[0026] The plasma treatment system 10 contains the enclosure section 12 which has the access section 14 formed in a upper wall 16. It is arranged at upper wall 16 lower part, and the insulating shielding 18 crosses the access section 14, and is prolonged. The insulating shielding 18 is strongly stuck to a upper wall 16, in order to appoint the interior 19 which bears the vacuum of the enclosure section 12.

[0027] The plane coil 20 is arranged in the access section 14 which adjoined the insulating shielding 18. The plane coil 20 is formed spirally and has a centre tap 22 and the outside tap 24. The flat surface of the plane coil 20 is turned in parallel to both support installation sides 13 which lays the insulating shielding 18 and the semi-conductor wafer W. Thus, the plane coil 20 can produce the plasma of the plane in the interior 19 of the enclosure section 12 parallel to the semi-conductor wafer W, and is explained further below at a detail. Although the distance of the plane coil 20 and the support installation side 13 is generally within the limits of 3cm thru/or 15cm, depending on characteristic application, it is usually an exact distance within the limits of 5cm thru/or 10cm.

[0028] With reference to Figs. 1 thru/or 3, the plane coil 20 operates by the RF generator 30 of the mold mentioned above. The output of the RF generator 30 is supplied to a matching circuit 34 with a coaxial cable 32. A matching circuit 34 adjusts effective association of a circuit, and includes the main coil 36 and the 2nd loop formation 38 which are positioned mutually, taking the load to the circuit in the frequency at the time of actuation into consideration. For convenience, the main coils 36 are laid on the disk 40 which rotates to the circumference of an axis of ordinate 42 in order to adjust association.

[0029] Moreover, it is stood in a row and given to the 2nd loop formation 38 in order that a variable capacitor 44 may adjust the resonance frequency of a circuit to the output frequency of the RF generator 30. Impedance matching makes max effectiveness of power migration in the plane coil 20. In order that the addition capacitor 46 may negate a part of inductive reactance of the main coils 36 in a circuit, it is given into a main circuit.

[0030] Moreover, other circuitry is also employable, in order to align actuation of the plane coil 20 in resonance, and in order to adjust the impedance of a coil circuit. Such all modification in an electrical circuit is taken into consideration within the limits of this invention.

[0031] With reference to Figs. 2 thru/or 4, the gas for processing encloses the side attachment wall of the

enclosure section 12 through the inlet-port section 50 formed by penetrating, and is introduced in the interior 19 of the section 12. 1 of the inlet-port section 50 is not an important thing, the interior 19 is penetrated and gas may be introduced from what kind of point distributed and given to homogeneity.

[0032] In order to raise the uniformity of gas distribution further, the distribution ring 52 may be given. The distribution ring 52 is laid in the support installation side 13 upper part for convenience, and surrounds the perimeter of the access section 14. The distribution ring 52 contains a series of nozzle 56 groups prolonged to the annular high-pressure section 54 and the center section 58 as for which the distribution ring 52 carried out opening from this high-pressure section 54. Thus, the gas for processing which enters is distributed equally to the surroundings of the field of the maximum reinforcement of the magnetic field guided with the plane coil 20. Preferably, a nozzle 56 may be turned in the direction from which it separated from radial [ of the distribution ring 52 ] in order to divide and give a spiral flow pattern to the gas for processing which enters.

[0033] With reference to Fig. 5, the plane coil 20 guides the magnetic field which penetrates the insulating shielding 18, and as shown by the broken line, it has the curve 60 which shows magnetic field strength. The adjustable magnetic field in a plasma chamber is composition of each magnetic field vector from a spiral coil, and a magnetic field is caused by the flow of the electron within the plasma. Since the magnetic field from the plasma counters a magnetic field from a coil, a magnetic field uniform as a result is required as the magnetic field from a coil becoming stronger towards a center. A spiral coil gives the magnetic field of such a characteristic configuration in order to give a magnetic field uniform as a result, i.e., the uniform plasma. To all the directions of a path of the plane coil 20, magnetic field strength is very uniform and can produce the very uniform flow of the electronic group parallel to both the plane coil 20 and the insulating shielding 18 which generally rotates in a plane region. Superficial rotation of such an electronic group can guide the very uniform flow of an ion cluster and/or a free radical group in the plasma formed when an electronic group collides with each molecule of the gas for processing succeedingly. A plasma ion cluster and a free radical group are contrary for having an alternative small rotational-speed component, and do not have most or any velocity components in the direction of a normal to the flat surface of the plane coil 20. As long as Wafer W (or other goods are processed) is turned in parallel with the plane coil 20, a reactant plasma kind faces the front face processed, and has a very low rate. Thus, the problem relevant to using the plasma of the high energy which faces the goods processed and has a velocity component substantially may be avoided.

[0034] However, it is desirable to have the ionic velocity faced and controlled by the goods processed in a certain case.

[0035] With reference to Fig. 6, the velocity component to the direction of a normal may be attained to Wafer W by crossing the plane coil 20 and the wafer susceptor 70 which is conductivity electrically, and impressing RF potential. The 2nd RF generator 72 can operate also on a high frequency (about 13.56MHz or more) also with a low frequency (less than about 550kHz). Therefore, the 2nd RF generator 72 can operate on a different frequency from the generator 30 which guides the resonance current in the plane coil 20. For example, the RF generator 30 is driven by 13.56MHz, and drives the 2nd RF generator 72 by 400kHz. The characteristic advantage of the system shown in Fig. 6 originates in it being possible to control independently the rate of the direction of a normal divided and given to the ion flow within the plasma (the amount of energy led to the system through the RF generator 30 is controlled) and (the output of the 2nd RF generator 72 is controlled) a reaction kind.

[0036] With reference to Fig. 7, the configuration immediately after choosing to the plane coil 80 concerning other examples of this invention is shown. The plane coil 80 consists of a series of ring 82 concentric groups, and each ring 82 which continued is connected by the short crossing member 84. The plane coil 80 is connected to the remaining electrical circuit device concerning one example of this invention mentioned above including a centre tap 86 and the outside tap 88.

[0037] At the time of actuation, the gas for processing selected beforehand is introduced into the interior 19 through the inlet-port section 50, as mentioned above. It depends for the pressure at the time of actuation on the characteristic processing carried out.

[0038] The characteristic advantage of this invention is found out by the very large pressure range where the plasma is generated. By guiding the resonance current in the plane coil 20, the plasma is generated also under the low pressure of about 10 to 5 torrs, or the high pressure of about 5 torrs.

[0039] Also although above-mentioned invention is stated to a detail in order to clarify an understanding, and it

excels, it is clear that its any amelioration can be performed within the limits of a claim.

[0040] According to the equipment for generating the plane plasma to which magnetic coupling of this invention was carried out as explained above A means to introduce the gas for processing into the interior of this enclosure section that had at least the part divided by insulating shielding of 1, The coil of 1 of a plane [ target / which is conductivity electrically / which has been stationed on the outside of said enclosure section nearest to said insulating shielding / real ], It has a means to combine the radio frequency power supply of 1 with this coil. Said means to join together Since a means to make said coil adjust the impedance of said radio frequency power supply, and a means to align a resonance circuit in order to prepare for resonance are included The magnetic field of homogeneity can be held greatly, and it crosses to the very large pressure range demanded from semi-conductor processing, and the flow of the plasma of high density can be generated.

[0041] Moreover, the enclosure section of 1 which has the interior of 1 which had at least the part divided by insulating shielding of 1 according to the equipment for processing goods with the plasma of this invention, The means for supporting the goods of 1 processed in the flat surface which is in these enclosure circles and was selected beforehand, The coil of 1 of the plane which is conductivity electrically arranged on the outside of said enclosure section nearest to said insulating shielding, Since it had a means to combine the radio frequency power supply of 1 with this plane coil, and a means to introduce the gas for processing into said enclosure circles under the controlled pressure and said plane coil was turned in parallel with the flat surface selected beforehand The design of equipment is relatively easy and actuation and control of equipment can be easily managed with the minimum investment.

[0042] Furthermore, according to the approach for processing a goods group with the plasma of this invention Put a goods group on the enclosure circles of 1, and the gas for processing is introduced into said enclosure section under the controlled pressure. Radio frequency current is resonated in the coil of plane 1 on the real target stationed on the outside of said enclosure section nearest to insulating shielding of 1 formed in said enclosure circles. Since the plane parallel plasma of 1 was substantially formed in said enclosure circles in said coil, an approach is intelligible and can give the manufacture of quality with activation high for the minimum easy and expenses and a short time.

[0043]

[Effect of the Invention] according to this invention -- a substrate -- abbreviation -- it can process with the uniform plasma.

---

[Translation done.]

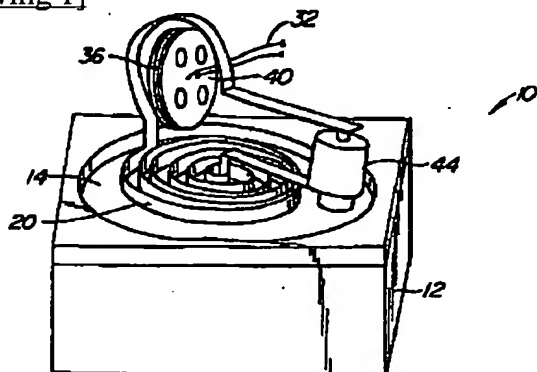
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

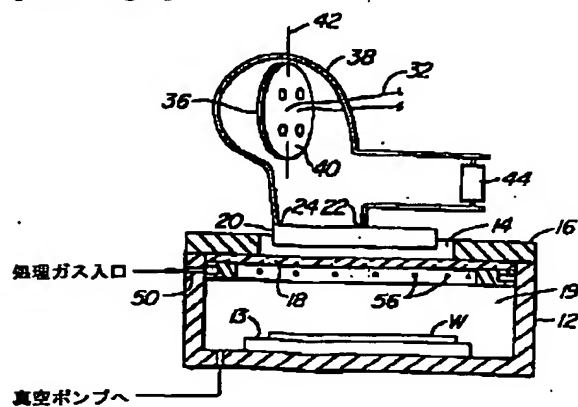
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

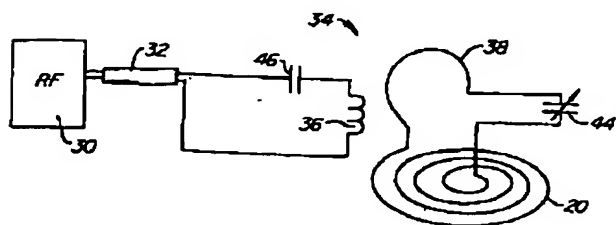
[Drawing 1]



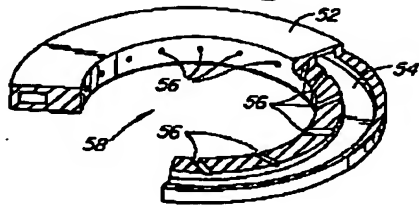
[Drawing 2]



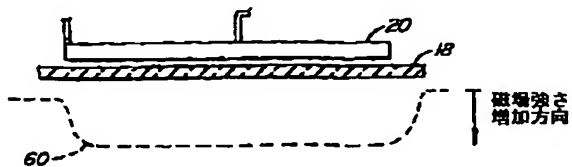
[Drawing 3]



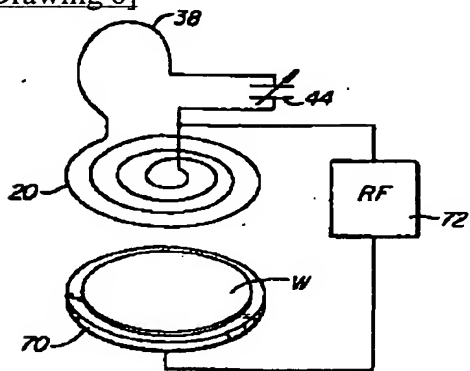
[Drawing 4]



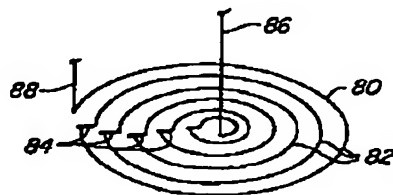
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H05H 1/46		H05H 1/46	L
C23C 16/505		C23C 16/505	
C23F 4/00		C23F 4/00	D
H01L 21/205		H01L 21/205	
21/3065		21/31	C

審査請求 有 請求項の数21 O L (全9頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-205255  
(62) 分割の表示 特願平2-205302の分割  
(22) 出願日 平成2年8月3日 (1990. 8. 3)  
(31) 優先権主張番号 3 9 3 5 0 4  
(32) 優先日 平成1年8月14日 (1989. 8. 14)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

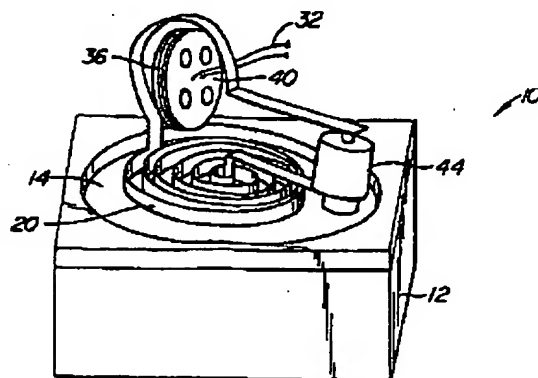
(71) 出願人 592010081  
ラム リサーチ コーポレーション  
LAM RESEARCH CORPOR  
ATION  
アメリカ合衆国, カリフォルニア 95038,  
フレモント, クッシング パークウェイ  
4650  
(72) 発明者 ジョン セルダン オグル  
アメリカ合衆国 95035 カリフォルニア  
州 ミルピタス パショット コート 14  
72  
(74) 代理人 100076428  
弁理士 大塚 康德 (外1名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理システム

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ処理チャンバ内に、外周部がチャンバの側壁よりも小さいプラズマを生成する。

【解決手段】 少なくとも一部の境界が絶縁シールド18及び側壁によって構成された内部空間を有するプラズマ処理チャンバ12と、チャンバ12の内部空間において基板Wを支持する基板支持体13と、RFエネルギーを絶縁シールド18を通してチャンバ12の内部空間に伝え、チャンバ12内の絶縁シールド18の下に領域が制限された略均一な磁界を生成する電気伝導コイル20を有するRFエネルギー源とを備える。この磁界は、コイル20の下に領域である中央部よりもチャンバの内部空間の周辺領域で実質的に弱く、該磁界により処理ガスが略均一なプラズマに励起される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 略均一なプラズマで基板を処理するプラズマ処理システムであって、

少なくとも一部の境界が絶縁シールド及び側壁によって構成された内部空間を有するプラズマ処理チャンバと、前記プラズマ処理チャンバの内部空間において基板を支持する基板支持体と、

処理ガスを前記プラズマ処理チャンバ内に供給するガス供給部と、

無線周波エネルギーを前記絶縁シールドを通して前記プラズマ処理チャンバの内部空間に伝え、前記プラズマ処理チャンバ内の前記絶縁シールドの下に領域が制限された略均一な磁界を生成する電気伝導コイルを有する無線周波エネルギー源とを備え、

前記磁界は、前記電気伝導コイルの下領域である中央部よりも前記内部空間の周辺領域で実質的に弱く、該磁界により前記処理ガスが略均一なプラズマに励起されることを特徴とするプラズマ処理システム。

【請求項 2】 前記電気伝導コイルによって生成されるプラズマの横方向のサイズは、前記電気伝導コイルの横方向のサイズに略対応することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 3】 前記電気伝導コイルの横方向のサイズは、前記基板支持体の横方向の寸法と略同一の広がりを持つことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 4】 前記プラズマ処理チャンバ内の前記絶縁シールドの下に領域が制限される磁界は、図 5 に示す磁界分布に対応する磁界分布を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 5】 前記電気伝導コイルと基板表面との距離は、3～15 cmであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 6】 前記電気伝導コイルと基板表面との距離は、5～10 cmであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 7】 前記電気伝導コイルは、前記絶縁シールドを通過する磁界分布を生成し、前記プラズマ処理チャンバの内部空間の内側の磁界分布は、前記電気伝導コイルからの磁界とプラズマ中の電子の流れによって誘起される磁界とのベクトル合成によって決定されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 8】 前記電気伝導コイルは、前記基板支持体の面に略平行な領域内であって前記側壁の内側で循環する電子群の均一な流れを生成することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 9】 前記電気伝導コイルは、コアキシャル・コイルによって無線周波エネルギーに接続されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 10】 前記プラズマ処理チャンバは、C V

D プラズマ反応炉又はプラズマエッチング反応炉を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 11】 前記電気伝導コイルは、1 又は複数の巻数を有し、基板を横切る方向に略均一な磁界を生成することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 12】 前記電気伝導コイルは、基板を被う領域内にのみ磁界を誘導し、前記ガス供給部は、前記磁界が最大強度の部分の周囲に前記処理ガスを供給することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 13】 前記無線周波エネルギー源は、前記基板支持体と前記電気伝導コイルとの間に電位が印加されるように前記基板支持体に無線周波エネルギーを印加することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 14】 前記電気伝導コイルは、基板の露出面に平行に配置された平面状コイルを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 15】 前記電気伝導コイルは、平面からのずれが前記電気伝導コイルの横方向の寸法の 20 % 以下の平坦性を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 16】 前記電気伝導コイルは、前記内部空間の横方向の断面積よりも小さい横方向の断面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 17】 前記プラズマの最大強度の領域は、プラズマの磁気閉じ込め部によることなく、前記側壁の内側に制限されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 18】 前記電気伝導コイルは、該電気伝導コイルによって生成されるプラズマのサイズに対応するサイズを有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 19】 前記プラズマは、前記プラズマ処理チャンバ内に、前記内部空間内の圧力が  $10^{-5} \sim 5 \text{ Torr}$  の範囲において、生成され得ることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 20】 請求項 1 に記載のプラズマ処理システムを利用して基板を処理する方法。

【請求項 21】 略均一なプラズマで基板を処理するプラズマ処理システムであって、

少なくとも一部の境界が絶縁シールド及び側壁によって構成された内部空間を有するプラズマ処理チャンバと、前記プラズマ処理チャンバの内部空間において基板を支持する基板支持体と、

処理ガスを前記プラズマ処理チャンバ内に供給するガス供給部と、

無線周波エネルギーを前記絶縁シールドを通して前記プラ

ズマ処理チャンバの内部空間に伝え、これにより前記内部空間に略均一な磁界を生成する電気伝導コイルを有する無線周波エネルギー源とを備え、前記側壁の外側は、外部空間に露出していることを特徴とするプラズマ処理システム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、低圧力のプラズマを生み出すための方法及び装置に係り、例えば、低圧力の処理装置において半導体ウェハ等の基板を処理するために好適な均一性の高い平面状プラズマの生成に関する。

【従来の技術】従来から、プラズマの生成はエッチング、レジスト除去、パッシベーション、蒸着などいろいろな半導体製造過程において有用である。

【0002】一般に、プラズマは個々の電子-ガス分子間での衝突による運動エネルギーの移動を介して個々のガス分子をイオン化する電子の流れを誘導することによって低圧力の加工用ガスから生成される。通常、電子は電場内、典型的には半導体ウェハに平行に向けられた対向する一対の電極間で生み出される無線周波電場内で加速される。

【0003】しかしながら、電子を加速するためウェハの法線方向の電場の使用では、イオン群に運動エネルギーを効果的に与えることができない。特に、低周波数及び約0.1 トール未満の圧力下では運動エネルギーを付与できない。このような条件下では、電子エネルギーの大部分は電子の処理チャンバの壁又は半導体ウェハ自体との衝突により消失される。半導体ウェハと電子との直接の衝突はエネルギー面で無駄であるのみならず、非常な不利益となるウェハの加熱を引き起こし得る。

【0004】半導体処理装置において使用中プラズマ生成の効率を増加するべく幾つかの方法が提案されてきた。例えば、マイクロ波共振チャンバにおいて電子の振幅を短くする超高周波数を使うことにより、処理槽の壁又は半導体ウェハよりもむしろ処理用ガスの分子に電子のエネルギーを移す傾向が高まる。対称的に、電子サイクロトロン共振 (ECR) では処理用ガス内で円周状の電子流れを誘導する制御された磁場が使用される。

【0005】上記両方の方法では、相対的に高いエネルギー変換効率が達成できるけれども、非常に均一性の悪いプラズマが生成される。従って、このプラズマを半導体ウェハに提供するのに先立って均一にする必要がある。通常、ウェハ又はウェハ群をプラズマに晒すのに先立ち、ある距離だけプラズマを流すことによってある程度の均一性が達成され得る。

【0006】しかしながら、プラズマの効果を劣化させるある程度のイオン再結合が生ずる。また、上記それぞれのシステムでは、動作圧力の範囲を限定せざるを得ない。マイクロ波共振チャンバは約1 トールから760 ト

ールまでの処理用ガスの圧力に対し一般的に効果的である。一方、ECRは0.0001 トールから0.1 トールまでの処理用ガスの圧力に対し一般的に効果的である。さらに、プラズマに余計な流れ距離を与える必要性により、両システムの値段及び設計の複雑さが増加し、かつECRシステムに要求される磁場は制御が困難である。

【0007】半導体処理装置においてプラズマ生成効率を高める他のアプローチは、共に誘導結合プラズマと呼ばれるが、磁気的に高められたプラズマ系 (例えば、磁気的に高められた反応性イオンエッチング)、及び誘導結合された電子加速を含む。磁気的に高められたプラズマ系はウェハ表面に平行な定常磁場、及びウェハ表面に垂直な高周波数の電場を生み出す。定常磁場と高周波数の電場を組み合わせ得られる力により、電子はサイクロイドの路に沿って流れ、電場のみによって誘導される直線路と比較して流れ距離が増加する。

【0008】なお、Skidmore (1989), Semiconductor International June 1989, pp74-79は、電子サイクロトロン共振 (ECR) 及び磁気的に高められた反応性イオンエッチング系 (MERIE) を説明する批評記事である。合衆国特許番号4,368,092には、プラズマをエッチングチャンバの外側に生み出すための螺旋形の誘導共振体を用いるプラズマ生成系が説明されている。プラズマは非均一であり、使用前にチューブを通過する。合衆国特許番号4,421,898には、磁芯を有する変換器が処理用ガスを運ぶ絶縁管内で電子の回転運動を誘起する誘導的に結合されたプラズマ生成装置が説明されている。イオン化されたガスは均一ではなく、ウェハへの照射は下流で発生する。合衆国特許番号4,626,312には、ウェハが下方の電極上に位置付けられ、プラズマが下方の電極及び該電極に平行な上方の電極を横切って無線周波エネルギーを与えることによって生成される従来の平行板プラズマエッチング器が説明されている。合衆国特許番号4,668,338及び4,668,365には、反応性イオンエッチングに対する磁気的に高められたプラズマ処理及び化学気相蒸着 (CVD) がそれぞれ説明されている。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のアプローチは良好なイオン生成効率を提供するが、半導体処理において要求される大きくて均一性の高い磁場を維持することが非常に難しいという問題があった。また、磁気的に高められたプラズマ系の動作は一般的に約0.01 トールから0.1 トールまでの圧力範囲に限定されるという問題があった。

【0010】また、誘導結合されたプラズマ処理では、延ばされた路に従って電子が流される。用語「誘導的に結合されたプラズマ」は2つの異なる技術に対し使われ、両方の技術は結合エネルギーをガスへ移すため交流電

流を用いる。第1は、主要な曲りとガスを介して閉鎖路から成る第2の曲りとの間で結合する変換器を高めるためフェライトの磁芯を使う。このような技術は、通常550KHz未満の低周波数で使う。第2の技術は、イオン化された円筒状のガスを取り囲むソレノイドのコイルを用いる。この技術は低周波数、又は13.56MHzの範囲における周波数のいずれかに使用し得る。これらの技術のいずれもウェハの表面付近に対して、該表面に平行で均一なプラズマを提供しない。

【0011】このような理由のため、半導体処理装置内に非常に均一なプラズマを生成するための方法及び装置（例えば、エッチング装置、蒸着装置、レジスト除去装置等を含む）の提供が望まれている。上記装置は非常に広い圧力範囲にわたって高密度のプラズマの流れを生成し得る。また、プラズマは直進性を有するイオンエネルギーを殆ど或いは全く有しないよう生み出される。

【0012】選択によっては、装置は、プラズマの流れの制御とは独立して直進エネルギーを制御して直進エネルギーをプラズマイオンに与えるべきである。特に、装置の設計が相対的に簡単で、装置の操作及び制御が容易で、かつ最小限の投資で済むならば望ましいことである。同様に、方法が分かりやすく、実行が容易で、かつ最小限の出費及び短時間に高い品質の製造物を与えることができるならば望ましいことである。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明では、方法及び装置が方法及び装置が相対的に広い範囲に渡って非常に均一で平面状のプラズマを生成するための方法及び装置が提供される。イオン種及び遊離基種が、プラズマによって非平面的な方向への加速を最小にして生み出され、得られるプラズマは非常に低い運動エネルギーを有する。特徴的な利点として、本発明では、典型的に $10^{-8}$  トールから5 トール及びそれ以上の非常に広い圧力範囲に渡って均一で平面状のプラズマを生み出すことができる。この様な広い動作圧力範囲は、一般に、単一のプラズマ生成装置では得られなかった。本発明の方法及び装置は、特にECR及びMERIEの磁場制御における要求との比較で、制作、操作、制御が相対的に簡単である。

【0014】本発明の装置は、絶縁シールド又は窓によって少なくとも一部分において仕切られる一の内部を有する囲い部から構成される。平面状のコイルが上記シールドの最も近くに配置され、一の無線周波電源が上記コイルに結合される。通常、無線周波電源は、電力変換を最大にするためのインピーダンス整合回路と、操作時の周波数、典型的には13.56MHzでの共振に供するための同調回路とを介して結合される。入口部が、囲い部内に処理用ガスを供給するため与えられる。コイルを介して無線周波数電流を共振させるため、絶縁シールドを介して囲い部内に延びる平面状の磁場が誘導される。

このようにして、電子の回転する流れが誘起される。電子の回転する流れは、電子が囲い部の壁に衝突する前の移動行程を大きく増加させる。さらに、電子が平面状のコイルに平行な一平面にしっかりと制限されるために、非平面方向への運動エネルギーの転移が最小化される。

【0015】好ましい実施例においては、囲い部は平面状の物品、典型的には半導体ウェハを支持する支持面を含む。この表面はコイルの平面に平行で、それからプラズマの平面に平行である一平面内にウェハを支持する。次いで、半導体ウェハは非常に均一なプラズマの流れに晒されて、これにより均一なプラズマ処理が補償される。プラズマ種は、非平面方向への運動速度が最小であるので、半導体ウェハ上への運動的な衝突は最小化される。つまり、処理は、半導体ウェハとのプラズマ種の化学相互作用に一般的に制限され得る。

【0016】本発明の方法及び装置は、プラズマエッチング、蒸着処理、レジスト除去、プラズマによる化学気相蒸着など、様々な半導体処理操作に有用である。

【0017】選択によっては、半導体ウェハの表面に対して法線方向への速度成分が、プラズマの平面に対して法線方向に無線周波数電位を印加することによって与えられる。例えば、そのような電位は、平面状のコイルと半導体ウェハが支持される支持表面とを横切って無線周波電源を接続することによって印加され得る。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】本発明は、平面状のプラズマが生成される一般に空気が濡れ込まない内部チャンバを定める囲い部を用いる。囲い部は処理用ガスを導入するための少なくとも一の入口部と、囲い部の内部内で望ましい動作圧力を保持するべく真空系に接続するための少なくとも一の出口部とを含む。囲い部の内部内に予め選定された処理用ガスを供給して予め選定された圧力を保持するためのシステムは良く知られた技術であり、更に説明する必要はない。

【0019】囲い部の内部には、通常、処理される物品群を支持するため一以上の載置面がある。典型的には、載置面は囲い部内に生成される平面状のプラズマに相対して予め選定された方向、通常はプラズマの平面に大体平行である方向へ配置されている。

【0020】望ましい平面状のプラズマを誘導するため、電氣的に導伝性を有する一のコイルが囲い部の外側に近接して配置される。コイルは実質的に平面であり、一般的には平面的な渦巻き又は一連の同心状の輪群から形成された単一導伝要素である。コイル内に無線周波数電流を誘導することによって、磁場が、コイルの表面に平行な平面領域内で大体において円形の電子の流れを誘導するよう生み出される。楕円体のパターン及び他の真の円形からの変位が許容されるけれども、平面状のコイルは大体において円形である。さらに、コイルはその径方向に対し真に平面、又は幾らか平面さからずれてい

る。平面さからのずれはコイルの径の0.2未満であり、通常径の0.1未満である。コイルの輪郭の調整は生成される電場の形を改善するため成される。コイルの径は生成されるべきプラズマの寸法に大体において対応する。コイルの径は8cmから20cmまでの範囲であり、通常13cmから18cmである。個々の半導体ウェハの処理のため、コイルの径は大体において約13cmから18cmである。

【0021】コイルは、その全ての方向に渡って相対的に均一な磁場を生み出すため、十分な数の巻数を含む。巻数はコイルの径に依存し、個々の半導体ウェハを処理するため寸法付けられたコイルは通常約5乃至8個の巻数を有する。コイルの得られるインダクタンスは通常1.2μHから3.5μHで、インピーダンスは100オームから300オームまでの範囲内である。

【0022】便宜上、平面状のコイルは電氣的に導電性を有する金属から形成され、通常、銅から形成される。コイルは約5オーム乃至30オームのインピーダンスの範囲内で電荷を運ぶ流れを有する。

【0023】平面状のコイルは処理用の囲い部内に形成された絶縁シールドに隣り合って配置される。絶縁シールドは、平面状のコイルによって生み出される磁場の透過を許すけれども、囲い部の内部の絶縁を保持する。囲い部の残り部は通常金属である。絶縁シールドは通常石英から成り、一方、他の絶縁材料、特に運転時の周波数でエネルギーを吸収しないセラミックスが使用され得る。便宜上、絶縁シールドは囲い部の壁に形成される出入口に隣接して置かれる。出入口の形状は平面状のコイルの形状に通常対応し、典型的には円形である。平面状のコイルは、囲い部内に生み出される磁場の強度を最大にするため、絶縁シールドに密接、又は接触して配置される。絶縁シールドの厚みは重要な事ではなく、通常囲い部内の真空によって作られる差圧に耐えるに十分であるよう選択される。

【0024】平面状のコイルは、半導体処理装置の操作において一般に用いられる型の無線周波(RF)発生器によって駆動される。RF発生器は約18.56MHz乃至100MHzの範囲内にある周波数、典型的には13.56MHzの周波数で通常操作される。RF発生器は通常低いインピーダンスを有し、典型的には約50オームであり、少なくとも約50ボルト、通常少なくとも約70ボルト以上であるRMS電圧器を用いて約1アンペア乃至6アンペア、通常約2アンペア乃至3.5アンペアを生み出すことができる。便宜上、RF発生器は、以下に詳細に説明されるように、本発明の一実施例に係わる回路に直接結合される同軸ケーブルの形状の出力端子を有する。

【0025】以下に、第1図及び第2図を参照して個々の半導体ウェハをエッチングするために好適なプラズマ処理システムが説明される。

【0026】プラズマ処理システム10は、上壁16内に形成されるアクセス部14を有する囲い部12を含む。絶縁シールド18が上壁16下方に配置され、アクセス部14を横切って延びる。絶縁シールド18は、囲い部12の真空に耐える内部19を定めるため上壁16に強く密着される。

【0027】平面状コイル20が絶縁シールド18に隣接したアクセス部14内に配置される。平面状コイル20は渦巻状に形成され、中央タップ22及び外側タップ24を有する。平面状コイル20の平面は、絶縁シールド18及び半導体ウェハWを載置する支持載置面13の両方に対し平行に向けられている。この様にして、平面状コイル20は半導体ウェハWに平行である囲い部12の内部19内で平面状のプラズマを生み出すことができ、以下に更に詳細に説明される。平面状コイル20と支持載置面13との距離は一般には3cm乃至15cmの範囲内であるが、特有の適用に依存して通常5cm乃至10cmの範囲内の正確な距離である。

【0028】第1図乃至第3図を参照するに、平面状コイル20は上述された型のRF発生器30によって作動される。RF発生器30の出力は同軸ケーブル32によって整合回路34に供給される。整合回路34は、回路の効果的な結合を調整し、動作時の周波数での回路への負荷を考慮に入れて、相互に位置付けられる主要コイル36及び第2ループ38を含む。便宜上、主要コイル36は、結合を調整するため縦軸42回りに回転されるディスク40上に載置される。

【0029】また、可変キャパシタ44がRF発生器30の出力周波数に回路の共鳴周波数を調整するため、第2ループ38に連なって与えられる。インピーダンス整合は平面状コイル20への電力移送の効果を最大にする。付加キャパシタ46が回路内の主要コイル36の誘導リアクタンスの一部を打ち消すため、主要回路内に与えられる。

【0030】また、平面状コイル20の動作を共振において同調させるため、及びコイル回路のインピーダンスを整合させるために他の回路構成を採用することもできる。電気回路におけるそのような全ての変更は本発明の範囲内で考慮される。

【0031】第2図乃至第4図を参照するに、処理用ガスは囲い部12の側壁を貫通して形成される入口部50を介して囲い部12の内部19内に導入される。入口部50の一は重要なことではなく、内部19を貫通して均一に分配して与えられるいかなる地点からガスが導入されても良い。

【0032】ガス分配の均一さを更に高めるために、分配リング52が与えられても良い。分配リング52は、便宜上支持載置面13上方に載置され、アクセス部14の周囲を囲む。分配リング52は環状の高圧部54、及び該高圧部54から分配リング52の開口した中央部5

8へ延びる一連のノズル56群を含む。この様にして、入ってくる処理用ガスは平面状コイル20によって誘導される磁場の最大強度の領域の回りに等しく分配される。好ましくは、ノズル56は、入ってくる処理用ガスに渦巻状の流れパターンを分け与えるため、分配リング52の半径方向から外れた方向へ向けられても良い。

【0033】第5図を参照するに、平面状コイル20は絶縁シールド18を貫通する磁場を誘導し、破線で示されるように、磁場強度を示す曲線60を有する。プラズマチャンパ内の可変磁場は渦巻状のコイルからの各磁場ベクトルの合成であり、磁場はプラズマ内の電子の流れによって引き起こされる。プラズマからの磁場はコイルからの磁場に対向するので、結果として均一な磁場はコイルからの磁場が中央へ向けてより強くなるよう要求する。渦巻状のコイルは結果として均一な磁場、即ち均一なプラズマを与えるため、このような特徴ある形状の磁場を与える。磁場の強さは平面状コイル20の全ての径方向に対し非常に均一であり、平面状コイル20及び絶縁シールド18の両方に平行な一般に平面領域内で回転する電子群の非常に均一な流れを生み出すことができる。そのような電子群の平面的な回転は、引き続いて電子群が処理用ガスの個々の分子と衝突することによって形成されるプラズマ内にイオン群及び／又は遊離基群の非常に均一な流れを誘導することができる。プラズマイオン群及び遊離基群は小さな選択的な回転速度成分を有するに反し、平面状コイル20の平面に対し法線方向へはほとんど又はいかなる速度成分をも有さない。ウェハW（又は他の物品が処理される）が平面状コイル20に平行に向けられる限り、反応性プラズマ種は処理される表面に相対して非常に低い速度を有する。この様にして、処理される物品に相対して実質的に速度成分を有する高いエネルギーのプラズマを用いることに関連する問題が避けられ得る。

【0034】しかしながら、ある場合には処理される物品に相対して制御されたイオン速度を有することが望ましい。

【0035】第6図を参照するに、ウェハWに対し法線方向への速度成分は平面状コイル20及び電気的に導伝性であるウェハ支持台70を横切ってRF電位を印加することによって達成され得る。第2RF発生器72は低い周波数（約550KHz未満）でも高い周波数（約13.56MHz以上）でも動作し得る。従って、第2RF発生器72は、平面状コイル20内の共振電流を誘導する発生器30と異なった周波数で動作し得る。例えば、RF発生器30は、13.56MHzで駆動され、第2RF発生器72は400KHzで駆動される。第6図に示されたシステムの特有の利点は、（RF発生器30を介してシステムへ導き入れられたエネルギー量を制御することによって）プラズマ内でのイオン流れ、及び（第2RF発生器72の出力を制御することによって）

反応種に分け与えられた法線方向の速度を独立して制御することが可能であることに起因する。

【0036】第7図を参照するに、本発明の他の実施例に係わる平面状コイル80に対する選択次第の形状が示されている。平面状コイル80は一連の同心状の輪82群から構成され、それぞれの続いた輪82は短い横断部材84によって接続される。平面状コイル80は中央タップ86及び外側タップ88を含み、上述した本発明の一実施例に係わる残りの電気回路機構に接続される。

【0037】動作時には、予め選定された処理用ガスが、上述したように、入口部50を介して内部19内へ導入される。動作時の圧力は遂行される特有の処理に依存する。

【0038】本発明の特有の利点は、プラズマが生成される非常に広い圧力範囲に見出される。平面状コイル20内に共振電流を誘導することによって、プラズマは、 $10^{-5}$  トール程度の低い圧力下でも5トール程度の高い圧力下でも生成される。

【0039】上述の発明は理解を明確にする目的で詳細に述べられたけれども、いかなる改良も請求項の範囲内で実行できることは明らかである。

【0040】以上説明したように本発明の磁気結合された平面状のプラズマを生成するための装置によれば、一の絶縁シールドによって少なくとも一部分を仕切られた該囲い部の内部に処理用のガスを導入する手段と、前記絶縁シールドに最も近い前記囲い部の外側に配置された電気的に導伝性である実質的に平面状の一のコイルと、該コイルに一の無線周波電源を結合する手段とを備え、前記結合する手段は、前記コイルに前記無線周波電源のインピーダンスを整合させる手段と、共振に備えるため共振回路を同調させる手段とを含むので、半導体処理に対し要求される大きく均一の磁場を保持することができ、かつ非常に広い圧力範囲に渡って高密度のプラズマの流れを生成し得る。

【0041】また、本発明のプラズマで物品を処理するための装置によれば、一の絶縁シールドによって少なくとも一部分を仕切られた一の内部を有する一の囲い部と、該囲い部内にあって予め選定された平面内で処理される一の物品を支持するための手段と、前記絶縁シールドに最も近い前記囲い部の外側に配置された電気的に導伝性である平面状の一のコイルと、該平面状コイルに一の無線周波電源を結合する手段と、制御された圧力下で前記囲い部内に処理用のガスを導入する手段とを備え、前記平面状のコイルは予め選定された平面に平行に向けられたので、装置の設計が相対的に簡単で、装置の操作及び制御が容易で、かつ最小限の投資で済む。

【0042】さらに、本発明のプラズマで物品群を処理するための方法によれば、一の囲い部内に物品群を置き、制御された圧力下で前記囲い部に処理用のガスを導入し、前記囲い部内に形成された一の絶縁シールドに最

も近い前記囲い部の外側に配置された実質的に平面状の  
一のコイル内に無線周波数電流を共振させ、前記コイル  
に実質的に平行である一の平面状のプラズマが前記囲い  
部内に形成されたので、方法が分かりやすく、実行が容  
易で、かつ最小限の出費及び短時間に高い品質の製造物  
を与えることができる。

#### 【0043】

【発明の効果】本発明によれば、例えば、基板を略均一  
なプラズマで処理することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わる平面状のプラズマを  
生成するための装置の等角投影図である。

【図2】第1図に示された装置の断面図である。

【図3】第3図は第1図に示された装置の概略回路図で  
ある。

【図4】第1図に示された装置に用いられる処理用ガス  
導入リングの詳細図である。

【図5】第1図に示された装置によって作られる磁場強  
度を示す曲線の説明図である。

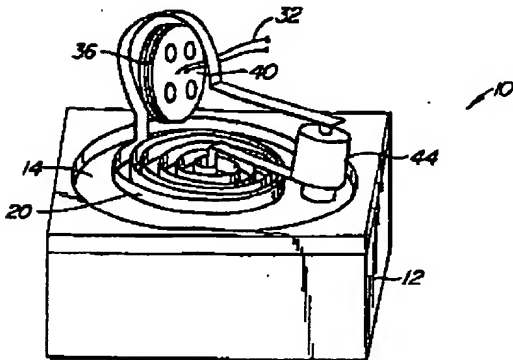
【図6】共振コイルに対して法線方向の無線周波数電位  
に備えるために、第3図に示された回路を改善した回路  
図である。

【図7】本発明の他の実施例に係る共振コイルの選択的  
な構成を示す斜視図である。

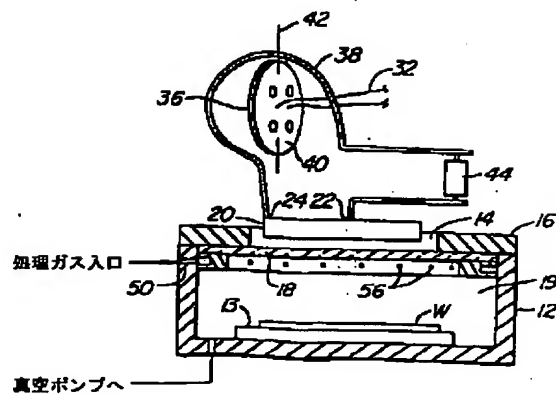
#### 【符号の説明】

- 10 プラズマ処理システム
- 12 囲い部
- 13 支持載置面
- 14 アクセス部
- 16 上壁
- 18 絶縁シールド
- 19 内部
- 20 平面状コイル
- 22 中央タップ
- 24 外側タップ
- 30 RF発生器
- 32 同軸ケーブル
- 34 整合回路
- 36 主要コイル
- 38 第2ループ
- 40 ディスク
- 44 可変キャパシタ
- 46 付加キャパシタ
- 52 分配リング
- 54 高圧部
- 56 ノズル
- 58 中央部

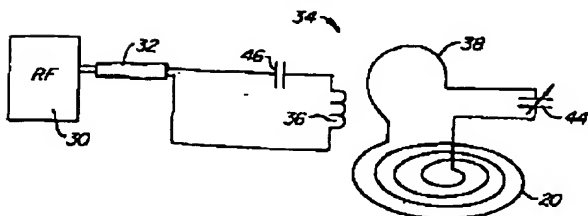
【図1】



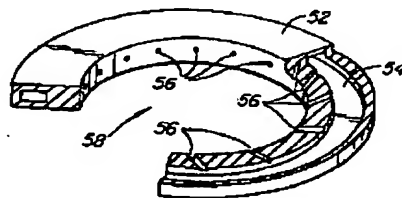
【図2】



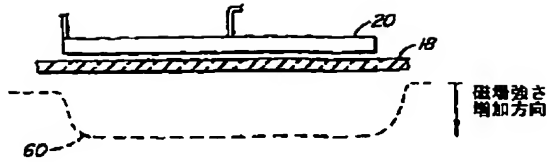
【図3】



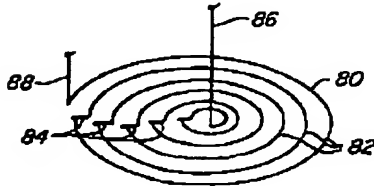
【図4】



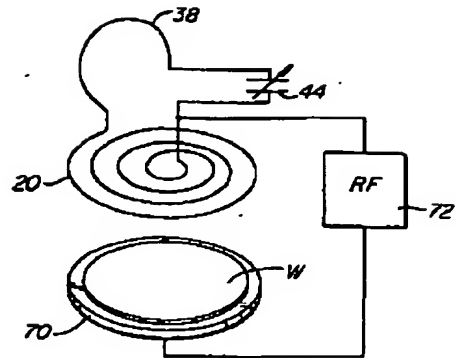
【図 5】



【図 7】



【図 6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 8 月 12 日 (1999. 8. 12)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 略均一なプラズマで基板を処理するプラズマ処理システムであって、  
少なくとも一部の境界が絶縁シールド及び側壁によって構成された内部空間を有するプラズマ処理チャンバと、  
前記プラズマ処理チャンバの内部空間において基板を支持する基板支持体と、  
処理ガスを前記プラズマ処理チャンバ内に供給するガス供給部と、  
無線周波エネルギーを前記絶縁シールドを通して前記プラズマ処理チャンバの内部空間に伝え、前記プラズマ処理チャンバ内の前記絶縁シールドの下に領域が制限された略均一な磁界を生成する電気伝導コイルを有する無線周波エネルギー源とを備え、  
前記磁界は、前記電気伝導コイルの下領域である中央部よりも前記内部空間の周辺領域で実質的に弱く、該磁界により前記処理ガスが略均一なプラズマに励起されることを特徴とするプラズマ処理システム。

【請求項 2】 前記電気伝導コイルによって生成されるプラズマの横方向のサイズは、前記電気伝導コイルの横方向のサイズに略対応することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 3】 前記電気伝導コイルの横方向のサイズは、前記基板支持体の横方向の寸法と略同一の広がりを持つことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 4】 前記プラズマ処理チャンバ内の前記絶縁シールドの下に領域が制限される磁界は、図 5 に示す磁界分布に対応する磁界分布を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 5】 前記電気伝導コイルと基板表面との距離は、3 ～ 15 cmであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 6】 前記電気伝導コイルと基板表面との距離は、5 ～ 10 cmであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 7】 前記電気伝導コイルは、前記絶縁シールドを通過する磁界分布を生成し、前記プラズマ処理チャンバの内部空間の内側の磁界分布は、前記電気伝導コイルからの磁界とプラズマ中の電子の流れによって誘起される磁界とのベクトル合成によって決定されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 8】 前記電気伝導コイルは、前記基板支持体

の面に略平行な領域内であって前記側壁の内側で循環する電子群の均一な流れを生成することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 9】 前記電気伝導コイルは、コアキシャル・コイルによって無線周波エネルギーに接続されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 10】 前記プラズマ処理チャンバーは、CV D プラズマ反応炉又はプラズマエッチング反応炉を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 11】 前記電気伝導コイルは、1 又は複数の巻数を有し、基板を横切る方向に略均一な磁界を生成することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 12】 前記電気伝導コイルは、基板を被う領域内にのみ磁界を誘導し、前記ガス供給部は、前記磁界が最大強度の部分の周囲に前記処理ガスを供給することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 13】 前記無線周波エネルギー源は、前記基板支持体と前記電気伝導コイルとの間に電位が印加されるように前記基板支持体に無線周波エネルギーを印加することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 14】 前記電気伝導コイルは、基板の露出面に平行に配置された平面状コイルを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 15】 前記電気伝導コイルは、平面からのずれが前記電気伝導コイルの横方向の寸法の 20% 以下の平坦性を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 16】 前記電気伝導コイルは、前記内部空間

の横方向の断面積よりも小さい横方向の断面積を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 17】 前記プラズマの最大強度の領域は、プラズマの磁気閉じ込め部によることなく、前記側壁の内側に制限されることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 18】 前記電気伝導コイルは、該電気伝導コイルによって生成されるプラズマのサイズに対応するサイズを有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 19】 前記プラズマは、前記プラズマ処理チャンバ内に、前記内部空間内の圧力が  $10^{-5} \sim 5 \text{ Torr}$  の範囲において、生成され得ることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理システム。

【請求項 20】 請求項 1 に記載のプラズマ処理システムを利用して基板を処理する方法。

【請求項 21】 略均一なプラズマで基板を処理するプラズマ処理システムであって、少なくとも一部の境界が絶縁シールド及び側壁によって構成された内部空間を有するプラズマ処理チャンバと、前記プラズマ処理チャンバの内部空間において基板を支持する基板支持体と、処理ガスを前記プラズマ処理チャンバ内に供給するガス供給部と、無線周波エネルギーを前記絶縁シールドを通して前記プラズマ処理チャンバの内部空間に伝え、これにより前記内部空間に略均一な磁界を生成する電気伝導コイルを有する無線周波エネルギー源とを備え、前記側壁は周囲の条件にさらされるままであることを特徴とするプラズマ処理システム。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 01 L 21/31

H 01 L 21/302

B

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**